

April 6, 1995

1
Beschreibung

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Klopf-erkennung nach der Gattung des Hauptanspruchs. Es ist bereits ein Verfahren dieser Art aus der DE-PS 31 37 016 bekannt. Bei diesem Verfahren zur Klopf-erkennung einer Brennkraftmaschine wird mindestens ein Klopf-sensor verwendet. Dieser Klopf-sensor erfaßt für jeden Zylinder über einen bestimmten Kurbelwellenwinkel den Geräuschpegel. Das so erfaßte Klopf-sensorsignal wird über diesen Kurbelwellenbereich integriert. Für die Zuordnung der erfaßten Motorgeräusche zu den einzelnen Zylindern wird eine Zylinderidentifikation durchge-führt. Die erfaßten Klopf-sensorsignale werden in einem Zeitfenster aufintegriert und der Integralwert zur Klopf-erkennung mit einer Klopf-schwelle verglichen. Dabei wird die Klopf-schwelle zur Erkennung von Klop-fen nicht fest vorgegeben sondern mit jeder Verbren-nung zyklisch erneuert. Die Festlegung der Klop-fschwelle erfolgt, indem die vorherige Klopf-schwelle mit dem aktuellen Klopf-sensorsignal beaufschlagt wird, so daß die Klopf-schwelle der Geräuschentwicklung des Motors beispielsweise bei Alterung angepaßt wird. Klopfen wird erkannt, wenn das Integral über das Zeit-fenster, in welchem die Sensorsignale ausgewertet wer-den, die Klopf-schwelle überschreitet.

Nach einer Klopf-erkennung wird der über ein Dreh-zahl-Last-Kennfeld bestimmte Grundzündwinkel um ei-nen bestimmten Betrag, welcher vom Steuergerät in Abhängigkeit des erfaßten Klopfens und aufgrund der Betriebsparameter bestimmt wird, verändert. Die Ver-änderung der Hintergrundgeräusche und damit die Klopf-schwelle beispielsweise durch Alterung über die Motorlebensdauer kann dazu führen daß irgendwann der Integratorwert die ständig neu berechnete Klop-fschwelle auch bei starkem Klopfen nicht mehr erreicht. Wird nun das Geräusch des Motors oder eines Zylinders beispielsweise durch mechanische Schäden oder Alte-rung immer lauter, so kann unter Umständen selbst star-kes Klopfen nicht erkannt werden.

Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren mit den kennzeich-nenden Merkmalen der unabhängigen Ansprüche hat demgegenüber den Vorteil, daß eine Klopf-erkennung auch bei Lauterwerden des Motors und damit einem Ansteigen der Klopf-schwelle gewährleistet ist.

Dabei ermöglicht die Multiplikation mit einem Wich-tungsfaktor gemäß den kennzeichnenden Merkmalen des ersten unabhängigen Anspruchs eine Absenkung der Klopf-schwelle. Die Multiplikation mit einem Wich-tungsfaktor $WF < 1$ bietet den Vorteil, daß bei einem Motorgeräusch, das außerhalb eines vorgebbaren Nor-malbereichs NB liegt die ständig nachgeführte Klop-fschwelle nicht zu groß wird und so auch bei sehr lautem Motor noch Klopfen erkannt werden kann.

Das erfindungsgemäße Verfahren mit den kennzeich-nenden Merkmalen des zweiten unabhängigen An-spruchs hat den Vorteil der Begrenzung der Klop-fschwelle für die Klopf-erkennung, so daß auch bei lauter werdenden Motorgeräuschen zumindest stärkere Klop-fen immer noch erkannt werden können. Steigt das Mo-torgeräusch noch weiter an und überschreitet dann eine noch höher liegende zweite Grenzschwelle, so wird die

Klopfregelung ganz abgeschaltet und ein Sicherheits-spätverstellzündwinkel ausgegeben. Dieser Sicherheits-spätverstellzündwinkel sichert so einen größtenteils klopf-freien Betrieb der Brennkraftmaschine.

5 Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der in den unabhängigen Ansprüchen angegebenen Verfahren möglich. Besonders vorteilhaft ist, daß für jeden Motorbetriebspunkt ein Normalbe-reich festgelegt werden kann und somit sowohl bei nied-riger Drehzahl und kleiner Last bzw. bei hoher Dreh-zahl und hoher Last ein entsprechender Wichtungsfak-tor ausgegeben werden kann. Letztendlich besteht ein weiterer Vorteil in der zylinderindividuellen Festlegung des Normalbereichs.

15 Die Festlegung des Normalbereichs NB ist vorteilhaft-erweise für jeden Motortyp in Abhängigkeit vom An-bauort des Klopf-sensors in der Applikation festzulegen. Damit hat jeder Motortyp seine auf ihm individuell zu-geschnittenen Werte und ermöglicht damit eine optima-le Klopfregelung.

Zeichnung

25 Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Be-schreibung näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 ein Blockschaltbild für die Klopf-erkennung,
Fig. 2 die Begrenzung des Referenzpegels mit einer
30 Abschaltung der Klopfregelung,
Fig. 3 ein Blockschaltbild zur Durchführung der Be-grenzung der Klopf-schwelle und
Fig. 4 zeigt eine schaltungsgemäße Ausgestaltung zur Durchführung einer Klopfregelung.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Fig. 1 zeigt schematisch das Blockschaltbild zur Klopfregelung mit einer Wichtung der Klopf-schwelle KS, bei dessen Überschreitung Klopfen erkannt wird. Ein nicht dargestellter Klopf-sensor erfaßt für jeden Zy-linder über einen bestimmten Kurbelwellenwinkel den Geräuschpegel in den Zylindern. Die Klopf-schwelle KS, bei dessen Überschreitung Klopfen erkannt wird, ist nicht fest vorgegeben, sondern wird mit jeder Verbren-nung zyklisch erneuert. Die Festlegung der Klop-fschwelle KS erfolgt, indem die vorherige Klopf-schwelle mit dem aktuellen Referenzpegel RP beaufschlagt wird. Der Referenzpegel RP bildet die Eingangsgröße 10 für die Klopf-erkennung. Aus dem Referenzpegel RP wird in einem Schritt 11 für einen objektiven Vergleich der ein-zelnen Referenzpegel RP der normierte Referenzpegel RP_{norm} , indem man den Referenzpegel RP durch den zylinderindividuellen Verstärkungsfaktor dividiert, be-stimmt. Dies ist notwendig, da um alle Klopf-sensorsig-nale in einer Auswerteschaltung richtig verarbeiten zu können, die vom Klopf-sensor gelieferten Signale in der Art verstärkt werden, daß bei großen Signalen die Ver-stärkung klein und bei kleinen Signalen die Verstärkung groß ist. Damit wird erreicht, daß das Ausgangssignals des dem Klopf-sensor nachgeordneten und ebenfalls nicht dargestellten Verstärkers über den gesamten Drehzahlbereich annähernd konstant ist. In einer an-schließenden Abfrage 12 wird untersucht, ob der nor-mierte Referenzpegel RP_{norm} , welcher auch zylinder-individuell vorliegen kann, in einem festlegbaren Nor-malbereich NB liegt. Der Normalbereich NB wird bei-spielsweise in der Applikation für den Motortyp festge-

BEST AVAILABLE COPY

legt. Dabei wird zum einen untersucht, ob der normierte Referenzpegel RP_{norm} den Normalbereich NB über oder unterschreitet. Ein Nein auf diese Abfrage 12, d. h. der normierte Referenzpegel liegt innerhalb des Normalbereiches NB, führt zu dem Arbeitsschritt 13 und der Ausgabe eines Wichtungsfaktors WF mit dem Wert 1. Ein Ja auf die Abfrage 12, d. h. der normierte Referenzpegel RP_{norm} liegt nicht in dem vorgebbaren Normalbereich NB, führt zum Arbeitsschritt 14 und der Ausgabe eines Wichtungsfaktors WF kleiner als 1, so sind beim Überschreiten des Normalbereiches NB beispielsweise folgende Werte als Wichtungsfaktoren möglich: $WF_1 = 0,9$, $WF_2 = 0,8$, $WF_3 = 0,65$. Diese Wichtungsfaktoren WF können dabei für unterschiedliche Motorbetriebspunkte unterschiedlich festgelegt werden, wobei die Anpassung mit den zugehörigen Schwellen für den Normalbereich des normierten Referenzpegels möglichst an mehreren Motoren, welche ein normales Geräuschverhalten über den ganzen Drehzahlbereich aufweisen, durchgeführt werden. An diesen Motoren sollten für die Bestimmung des Normalbereiches NB Klopfensensoren mit maximaler Empfindlichkeit montiert werden, um an den gewünschten Drehzahlstützstellen der Kennlinie den normierten Referenzpegel von allen Zylindern ermitteln zu können. Im Arbeitsschritt 15 wird die Klopfschwelle KS aus dem Referenzpegel RP und dem Wichtungsfaktor WF bestimmt. Die Klopfschwelle KS stellt dabei die Schwelle dar, bei deren Überschreitung Klopfen erkannt wird. Parallel dazu erfolgt in einem Arbeitsschritt 16 für jeden Zylinder die Bestimmung des Klopfintegrals U_{int} . In einer Abfrage 17 wird das Klopfintegral U_{int} mit der Klopfschwelle KS verglichen. Ist der Integralwert U_{int} größer als die Klopfschwelle KS, wird Klopfen erkannt und der Ja-Ausgang auf diese Abfrage 17 führt zu einem Arbeitsschritt 18, in welchem ein Korrekturzündwinkel α_{KZ} ausgegeben wird. Dieser Korrekturzündwinkel wird nun beispielsweise auf den Kennfeldzündwinkel adaptiv aufgeschlagen. Im anschließenden Arbeitsschritt 19 wird zurückgesprungen und die Auswertung für die nächste Verbrennung vorgenommen.

Fig. 2 zeigt eine alternative Lösung desselben Problems, wobei hier eine Begrenzung der nachgeführten Klopfschwelle vorgenommen wird, wie nachfolgend erläutert werden soll. In Fig. 2 wird hierzu anhand eines Diagrammes aufgeführt, wie sich die Klopfschwelle KS bei zunehmendem Motorgeräusch, also bei steigendem Referenzpegel RP verändert. Die Klopfschwelle KS steigt demzufolge an bis der normierte RP den ersten Grenzwert G_1 erreicht, ab welchem die Klopfschwelle begrenzt wird.

Somit ist eine Klopferkennung auch bei stark ansteigendem Motorgeräusch möglich, da gewährleistet ist, daß die Klopfschwelle begrenzt wird und so zumindest starke Klopfen erkannt werden. In dem Diagramm ist eine zweite Grenzwertgröße G_2 definiert, ab welcher die Klopfregelung ganz abgeschaltet werden kann und vom Steuergerät ein Sicherheitsspatverstellzündwinkel ausgegeben wird. Durch dieses Verfahren ist ein abgestuftes Vorgehen zum Schutze des Motors möglich.

Fig. 3 zeigt einen Ablaufplan zur Durchführung des alternativ vorgeschlagenen Verfahrens, wie es bereits zu Fig. 2 erläutert wurde. Ein nicht dargestellter Klopfsensor erfaßt die Motorgeräusche und in einem ersten Arbeitsschritt 30 wird der Referenzpegel RP gebildet. Dieser Referenzpegel RP wird wie bereits erläutert nach jeder Verbrennung zyklisch erneuert. In einem Arbeitsschritt 31 wird nun wiederum für jeden Zylinder

der normierte Referenzpegel bestimmt. Dieser normierte Referenzpegel RP_{norm} und der Referenzpegel RP bilden die Werte auf der Abzisse bzw. Ordinate des Diagramms gemäß Fig. 2. Im Arbeitsschritt 32 werden diese Werte ausgewertet und der Referenzwert bei Erreichen eines ersten Grenzwertes G_1 auf diesen begrenzt. In der anschließenden Abfrage 33 wird geprüft, ob der normierte Referenzpegel, welcher nicht begrenzt wird, einen zweiten Grenzwert G_2 erreicht hat. Ist dies der Fall, so führt der Ja-Ausgang an einen Arbeitsschritt 34, die Klopfregelung wird ausgeschaltet und gleichzeitig ein Sicherheitsspatverstellzündwinkel α_{SZ} ausgegeben.

Wurde die Abfrage 33 mit Nein beantwortet, so wird in einem Arbeitsschritt 35 der Referenzwert für die Klopferkennung bestimmt. Parallel dazu wird in einem Arbeitsschritt 36 das Klopfsensorintegral U_{int} gebildet. In der Abfrage 37 wird nun untersucht, ob das Meßintegral U_{int} die Klopfschwelle KS erreicht bzw. überschreitet. Ist dies der Fall, so wird ein Klopfen erkannt und in einem Arbeitsschritt ein Korrekturzündwinkel α_{KZ} ausgegeben. Anschließend wird in einem Arbeitsschritt 39 zurückgesprungen an den Anfang des Ablaufplans und der nächste erfaßte Referenzpegel verarbeitet.

Die Begrenzung der Klopfschwelle kann hierbei auch zylinderindividuell erfolgen.

Fig. 4 zeigt ein Schaltungsbeispiel zur Klopfregelung wobei ein Klopfsensor 41 die Motorgeräusche einer nicht dargestellten Brennkraftmaschine erfaßt. Die erfaßten Motorgeräusche werden über einen regelbaren Verstärker 42 und einen Bandpaß 43 an eine als Gleichrichter 44 ausgebildete Demodulatorschaltung geführt. Der Gleichrichter 44 ist einerseits über einen Regler 45 mit dem regelbaren Verstärker 42 und andererseits mit einem Integrator 46 verbunden. Durch die Regelung der Verstärkung wird erreicht, daß der Referenzpegel des Ausgangssignals des Regelverstärkers weitgehend konstant und unabhängig von der Motordrehzahl ist, während die Singalamplitude des Klopfensors 41 mit der Motordrehzahl zunimmt. Der Integrator 46 bildet während eines kurbelwellensynchronen Meßfensters, welches von einem Steuergerät 47 in Abhängigkeit eines Drehzahlgebers 48 gebildet wird, das Meßintegral U_{int} . Dieses Meßintegral U_{int} wird in einem Komparator 49 mit der vom Steuergerät 47 vorgegebenen Klopfschwelle KS verglichen und ein Ausgangssignal des Komparators 49 wiederum zur Klopfregelung an das Steuergerät 47 geführt. Vom Steuergerät 47 wird nun ein Ausgangssignal an eine Endstufe 50 zur Auslösung der Zündung in dem betreffenden Zylinder gegeben.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Klopferkennung für Brennkraftmaschinen wobei Klopfen erkannt wird, wenn das erfaßte Klopfsignal eine Klopfschwelle, welche sich in Abhängigkeit vom Motorgeräusch verändert, überschreitet, dadurch gekennzeichnet, daß für jeden Motorbetriebspunkt ein Normalbereich (NB) des Motorgeräusches festgelegt wird und bei Abweichungen des Motorgeräusches vom Normalbereich (NB) die Klopfschwelle (KS) mit einem Wichtungsfaktor (WF) verschieden von 1 multipliziert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Klopfschwelle nach jeder Verbrennung zyklisch erneuert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,